

棉籽低聚糖对水貂生长性能、营养物质消化代谢、肠道菌群和免疫性能的影响

刘佰阳¹ 李光玉^{1*} 鲍坤¹ 刘晗璐¹ 李丹丽¹ 顾东² 张涛²

(1. 中国农业科学院特产研究所, 吉林 132109; 2. 北京中棉紫光生物科技有限公司, 北京 100044)

摘要: 本试验旨在研究棉籽低聚糖对水貂生长性能、营养物质消化代谢、肠道菌群和免疫的影响。试验选择 50 只健康的雄性水貂, 随机分为 5 组, 每组 10 个重复, 每个重复 1 只水貂。对照组饲喂基础饲料, 试验 I、II、III、IV 组分别饲喂在基础饲料中添加 0.5、1.0、2.0、4.0 g/kg 棉籽低聚糖的试验饲料。试验期为 45 d。结果表明: 饲料添加棉籽低聚糖对水貂的平均日采食量、平均日增重、料重比均无显著影响 ($P > 0.05$), 但对平均日采食量和平均日增重有提高的趋势。饲料添加棉籽低聚糖对水貂各营养物质消化代谢指标以及器官(肝脏、脾脏和肾脏)指数无显著影响 ($P > 0.05$)。各试验组肠道中大肠杆菌数量均低于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。饲料添加棉籽低聚糖对肠道中乳酸杆菌数量无显著影响 ($P > 0.05$)。饲料添加 0.5 g/kg 棉籽低聚糖可显著提高水貂肠道中双歧杆菌数量 ($P < 0.05$)。各组水貂血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白、补体 3、补体 4、免疫球蛋白 M、总甲状腺素和总三碘甲状腺原氨酸的含量均差异不显著 ($P > 0.05$)。与对照组相比, 饲料添加 0.5 g/kg 棉籽低聚糖组血清中免疫球蛋白 A 含量极显著升高 ($P < 0.01$), 饲料添加 2.0 g/kg 棉籽低聚糖组血清中免疫球蛋白 G 含量显著降低 ($P < 0.05$)。综合各项试验指标, 水貂饲料中棉籽低聚糖适宜的添加量为 0.5 g/kg。

关键词: 水貂; 棉籽低聚糖; 生长性能; 营养物质消化代谢; 肠道菌群; 免疫性能

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2013)05-1123-08

棉籽低聚糖 (raffinose) 是利用物理方法从优质棉籽中提取的一种混合物, 主要成分为棉籽糖、水苏糖、二糖、多糖及少量的蛋白质, 其中含量最多的为棉籽糖^[1], 其主要成分与大豆低聚糖十分相似^[2]。棉籽低聚糖中的棉籽糖和水苏糖等低聚糖含有不能被动物体内消化酶分解的糖苷键, 它们不能被胃肠道吸收, 但却能被肠道内的乳酸杆菌、双歧杆菌等有益菌利用, 促进有益菌的生长, 同时抑制有害菌的繁殖, 使肠道更加健康, 从而控制和预防各种疾病的发生^[3-4]。国内外对低聚糖的研究报道较多, 主要集中在猪、禽和水产动物

上, 研究表明低聚糖具有提高动物饲料采食量、促进动物的生长、改善饲料利用率、增强动物免疫功能的作用, 并具有摄入量小, 无配伍禁忌, 无污染和无残留等优点^[5]。但是, 对棉籽低聚糖作用的研究, 特别是其在毛皮动物上应用的研究较少。本试验拟通过在饲料中添加不同水平的棉籽低聚糖, 研究其对水貂生长性能、营养物质消化代谢、肠道菌群及免疫性能的影响, 综合多方面的研究结果, 筛选出最适的棉籽低聚糖添加量, 为棉籽低聚糖应用于水貂饲料提供理论依据。

收稿日期: 2012-11-28

基金项目: 中国农业科学院特产研究所与北京中棉紫光生物科技有限公司合作项目

作者简介: 刘佰阳 (1978—), 男, 黑龙江牡丹江人, 硕士, 从事特种经济动物营养与饲养的研究。E-mail: tcslby@126.com

* 通讯作者: 李光玉, 研究员, 硕士生导师, E-mail: tcslgy@126.com

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用棉籽低聚糖由北京中棉紫光生物科技有限公司生产并提供,棉籽糖含量 >35%。

1.2 试验设计

本试验采用单因素随机试验设计,将 50 只雄性水貂随机分为 5 组,每组 10 个重复,每个重复 1

只。对照组饲喂基础饲粮,试验 I、II、III、IV 组分别饲喂在基础饲粮中添加 0.5、1.0、2.0、4.0 g/kg 棉籽低聚糖的试验饲粮。

1.3 基础饲粮

基础饲粮采用鲜料配制,由新鲜的海鱼、鱼骨架、肝脏、碎肉、鸡肠、膨化玉米及少量的维生素和矿物质预混料组成,其组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)

%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content
海杂鱼 Sea trash fish	40.0	总能 GE/(MJ/kg)	29.21
肝脏 Liver	5.0	粗蛋白质 CP	36.65
鸡肉 Chicken	10.0	粗脂肪 EE	23.91
鸡肠 Chicken intestine	5.0	钙 Ca	3.14
膨化玉米 Extruded corn	39.9	磷 P	1.30
预混料 Premix ¹⁾	0.1		
合计 Total	100.0		

¹⁾每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix: VA 1 000 000 IU, VD₃ 200 000 IU, VE 6 000 IU, VB₁ 600 mg, VB₂ 800 mg, VB₆ 300 mg, VB₁₂ 10 mg, VK₃ 100 mg, VC 40 000 mg, 烟酸 niacin 4 000 mg, 泛酸 pantothenic acid 1 200 mg, 生物素 biotin 20 mg, 叶酸 folic acid 80 mg, 胆碱 choline 30 000 mg, Fe 8 200 mg, Cu 50 mg, Mn 1 200 mg, Zn 5 200 mg, I 50 mg, Se 20 mg, Co 50 mg。

²⁾实测值 Measured values。

1.4 试验动物与饲养管理

在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测试验站的毛皮动物生产基地选择 55 日龄、体重相近、健康的雄性水貂 50 只。试验开始前,对水貂接种犬瘟热和细小病毒疫苗。水貂均单笼饲养,由固定人员进行专门饲养,以消除外界环境和管理的不同对试验水貂的影响,每天观察水貂的健康情况,早晚各饲喂 1 次,早上(08:00—09:00)喂食量为日食量的 40%,晚上(16:00—17:00)喂食量为日食量的 60%,自由饮水。试验期为 45 d。

1.5 测定指标与方法

1.5.1 生长性能

平均日增重:在试验开始和结束当天早晨空腹称重,并计算水貂的平均日增重。

平均日采食量:统计试验期内每组水貂的耗料量,对死淘水貂进行校正后,计算水貂的平均日采食量。

料重比:用平均日采食量除以平均日增重,计算出水貂的料重比。

各指标的具体计算公式如下:

平均日增重(g/d) = (末重 - 初重) / 试验天数;

平均日采食量(g/d) = 试验期采食量 / 试验天数;

料重比 = 平均日采食量 / 平均日增重。

1.5.2 营养物质消化代谢

消化代谢试验采用全收粪尿法。于 2009 年 8 月 25 日至 2009 年 8 月 27 日(共计 3 d)进行消化代谢试验,从每组中分别选取采食与排便正常的水貂 8 只,直接作为该组的消化代谢试验水貂。消化代谢试验采样期为 3 d,粪便和尿液为 3 d 一次性收集。将粪样放入烘箱内先在 80 °C 下杀菌 2 h,然后降到 65 ~ 70 °C 烘干至恒重,测初水分。烘干后的粪样粉碎过筛(40 目)制成风干样品,放入编号的自封袋中,备测样品中的氮、粗脂肪、能量、钙和磷含量。尿样收集前在桶内加入 20 mL 的 20% 硫酸固氮,过滤尿液中的杂质,测定尿中的氮含量。各营养成分测定方法和指标计算公式参照文献[6]。

1.5.3 器官指数

试验结束时,每组选取5只试验水貂,采集血液后注射氯化胆碱致死,称量死后的体重,采集肝脏、脾脏、肾脏后称重,计算器官指数。

器官指数(%) = (器官重量/水貂体重) × 100。

1.5.4 肠道菌群

采集屠宰后水貂的盲肠,放入已编号的自封袋中,在-20℃冰箱内保存,用于测定盲肠内容物中双歧杆菌、乳酸杆菌和大肠杆菌的数量。

1.5.5 血清免疫指标

将采集的血液分离出血清,测定血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)、补体3(C3)、补体4(C4)、总三碘甲状腺原氨酸(TT3)、总甲状

腺素(TT4)含量,上述指标送至金域医学检验中心测定。

1.6 数据处理与分析

试验数据用平均值±标准差表示,采用统计软件SAS 6.12的一般线性模型(GLM)模块进行单因素方差分析和多重比较。

2 结果

2.1 棉籽低聚糖对水貂生长性能的影响

由表2可知,各组水貂的平均日采食量、平均日增重、料重比均差异不显著($P > 0.05$),但4个试验组的平均日采食量和平均日增重有高于对照组的趋势。

表2 棉籽低聚糖对水貂生长性能的影响

Table 2 Effects of raffinose on growth performance of minks

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
平均日采食量 ADFI/g	99.06 ± 16.13	104.48 ± 6.83	96.27 ± 13.96	107.24 ± 7.29	108.58 ± 7.29
平均日增重 ADG/g	18.75 ± 3.18	21.02 ± 2.46	20.71 ± 5.02	18.88 ± 5.30	18.93 ± 3.09
料重比 F/G	5.36 ± 0.78	5.01 ± 0.44	4.84 ± 1.12	6.13 ± 1.96	5.84 ± 0.76

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),相同字母或无字母表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ($P < 0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$). The same as below.

2.2 棉籽低聚糖对水貂营养物质消化代谢的影响

2.2.1 棉籽低聚糖对水貂氮代谢的影响

由表3可知,各组水貂的日氮摄入量、日粪氮排出量、日尿氮排出量、日氮沉积量、氮沉积率、氮表观消化率均差异不显著($P > 0.05$)。

2.2.2 棉籽低聚糖对水貂脂肪代谢的影响

由表4可知,各组水貂的日脂肪摄入量、日粪脂肪排出量、日脂肪沉积量、脂肪消化率均差异不显著($P > 0.05$)。

2.2.3 棉籽低聚糖对水貂能量代谢的影响

由表5可知,各组水貂的日能量摄入量、日粪能量排出量、日能量沉积量、能量消化率均差异不显著($P > 0.05$)。

2.2.4 棉籽低聚糖对水貂钙、磷消化率的影响

由表6可知,各组水貂的钙、磷消化率均差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 棉籽低聚糖对水貂器官指数的影响

由表7可知,各组水貂的肝脏、脾脏和肾脏指数均差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 棉籽低聚糖对水貂肠道菌群的影响

由表8可知,各组水貂的大肠杆菌数量差异不显著($P > 0.05$),但4个试验组水貂的大肠杆菌数量均低于对照组。各组水貂的乳酸杆菌数量差异不显著($P > 0.05$)。试验I组的双歧杆菌数量最高,显著高于对照组、试验III组和试验IV组($P < 0.05$),其他组间差异不显著($P > 0.05$)。

表 3 棉籽低聚糖对水貂氮代谢的影响

Table 3 Effects of raffinose on nitrogen metabolism of minks

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
日氮摄入量 Daily nitrogen intake/g	5.77 ± 1.04	6.10 ± 0.38	5.81 ± 0.91	6.25 ± 0.43	6.34 ± 0.44
日粪氮排出量 Daily fecal nitrogen output/g	0.60 ± 0.15	0.73 ± 0.20	0.68 ± 0.13	0.68 ± 0.05	0.74 ± 0.17
日尿氮排出量 Daily urine nitrogen output/g	3.75 ± 0.80	3.69 ± 0.76	3.74 ± 1.09	3.67 ± 1.03	4.42 ± 0.65
日氮沉积量 Daily nitrogen retention/g	1.42 ± 0.69	1.68 ± 0.75	1.40 ± 0.56	1.89 ± 0.78	1.18 ± 0.41
氮沉积率 Nitrogen retention rate/%	24.35 ± 9.48	27.52 ± 11.96	24.73 ± 11.58	30.69 ± 13.63	18.93 ± 7.90
氮表观消化率 Nitrogen apparent digestibility/%	89.60 ± 1.92	88.04 ± 2.87	88.28 ± 2.40	89.01 ± 0.91	88.50 ± 2.34

表 4 棉籽低聚糖对水貂脂肪代谢的影响

Table 4 Effects of raffinose on fat metabolism of minks

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
日脂肪摄入量 Daily fat intake/g	24.08 ± 3.82	25.14 ± 2.02	23.72 ± 3.25	25.89 ± 2.04	26.33 ± 1.61
日粪脂肪排出量 Daily fecal fat output/g	2.68 ± 1.11	3.78 ± 2.10	2.97 ± 0.92	2.59 ± 0.73	3.20 ± 1.03
日脂肪沉积量 Daily fat retention/g	21.40 ± 3.31	21.36 ± 1.30	20.75 ± 3.23	23.30 ± 2.24	23.13 ± 1.53
脂肪消化率 Fat digestibility/%	89.05 ± 4.27	85.34 ± 7.17	87.38 ± 3.87	89.93 ± 3.02	87.87 ± 3.51

表 5 棉籽低聚糖对水貂能量代谢的影响

Table 5 Effects of raffinose on energy metabolism of minks

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
日能量摄入量 Daily energy intake/MJ	2.92 ± 0.47	3.07 ± 0.22	2.88 ± 0.40	3.15 ± 0.22	3.20 ± 0.21
日粪能量排出量 Daily fecal energy output/MJ	0.37 ± 0.09	0.46 ± 0.16	0.38 ± 0.07	0.38 ± 0.03	0.42 ± 0.08
日能量沉积量 Daily energy retention/MJ	2.55 ± 0.40	2.62 ± 0.09	2.50 ± 0.36	2.78 ± 0.23	2.78 ± 0.14
能量消化率 Energy digestibility/%	87.37 ± 2.02	85.43 ± 4.44	86.64 ± 2.01	88.03 ± 1.27	87.14 ± 2.03

表 6 棉籽低聚糖对水貂钙、磷消化率的影响

Table 6 Effects of raffinose on calcium and phosphorus digestibility of minks

%

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
钙消化率 Calcium digestibility	41.96 ± 13.20	43.14 ± 10.98	36.74 ± 10.97	42.24 ± 5.92	44.74 ± 11.66
磷消化率 Phosphorus digestibility	36.17 ± 4.62	38.44 ± 11.05	35.84 ± 4.56	35.68 ± 5.81	39.07 ± 12.26

表 7 棉籽低聚糖对水貂器官指数的影响

Table 7 Effects of raffinose on organ indices of minks

%

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
肝脏 Liver	2.76 ± 0.83	3.18 ± 0.44	3.39 ± 0.88	3.44 ± 0.41	3.27 ± 0.58
脾脏 Spleen	0.32 ± 0.21	0.40 ± 0.13	0.39 ± 0.20	0.38 ± 0.20	0.39 ± 0.14
肾脏 Kidney	0.64 ± 0.19	0.78 ± 0.26	0.71 ± 0.19	0.77 ± 0.14	0.67 ± 0.08

表 8 棉籽低聚糖对水貂肠道菌群的影响

Table 8 Effects of raffinose on intestinal microflora of minks

CFU/g

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i> (×10 ⁴)	9.03 ± 7.33	5.62 ± 7.10	4.19 ± 4.79	1.24 ± 1.06	2.18 ± 0.91
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i> (×10 ⁵)	3.00 ± 1.61	4.32 ± 3.59	1.37 ± 1.65	2.01 ± 2.89	0.63 ± 0.59
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i> (×10 ⁴)	3.83 ± 1.85 ^a	16.76 ± 11.08 ^b	12.10 ± 1.80 ^{ab}	3.93 ± 6.17 ^a	1.04 ± 1.41 ^a

2.5 棉籽低聚糖对水貂血清免疫指标的影响

由表 9 可知, 各组水貂血清总蛋白、白蛋白、球蛋白、C3、C4 和 IgM 含量均无显著差异 ($P > 0.05$)。试验 I 组的血清 IgA 含量极显著地高于对照组、试验 IV 组 ($P < 0.01$), 随着棉籽低聚糖添加量的增加, 血清 IgA 含量逐渐降低, 试验 IV 组与对照组无显著差异 ($P > 0.05$); 血清 IgG 含量以对照组最高, 试验 III 组最低, 2 组之间差异显著 ($P < 0.05$), 其他组间差异不显著 ($P > 0.05$)。各组水貂血清 TT4 和 TT3 含量有高于对照组的趋势, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 棉籽低聚糖对水貂生长性能的影响

由本试验结果可知, 饲喂棉籽低聚糖有增加水貂平均日采食量的趋势, 这可能是由于棉籽低

聚糖带有甜味和香味, 能在一定程度上提高饲料的适口性, 使水貂的采食量略有提高。棉籽低聚糖对水貂的平均日增重无显著影响, 但有增加的趋势。王惠英^[7]研究表明, 添加不同剂量的棉籽低聚糖对水貂的平均体重无显著影响, 对平均日增重有不同程度地提高, 但差异不显著; 滑静等^[8]研究表明, 添加 0.1% 和 0.3% 棉籽低聚糖均可极显著提高 21 和 42 日龄肉仔鸡的增重; 王继成等^[9]研究发现, 在饲料中添加低聚木糖对断奶仔猪的平均日增重有显著提高。综合上述试验结果, 说明添加棉籽低聚糖有提高动物增重的作用, 但因动物种类的不同, 表现的结果略有差异。

3.2 棉籽低聚糖对水貂营养物质消化代谢的影响

由本试验结果可知, 饲料添加棉籽低聚糖对水貂氮代谢、脂肪代谢、能量代谢、钙和磷消化率

等消化代谢指标均无显著影响,说明棉籽低聚糖不能提高水貂对营养物质的消化利用率。产生这种情况的原因可能是因为棉籽低聚糖是一种调节物质,其不能被机体分解利用,而只能为肠道后段内微生物所利用,促进微生物的生长繁殖。张振

红^[10]研究表明,饲粮中添加大豆低聚糖可以改善肉鸡对营养物质的利用率,显著提高蛋白质、钙和磷的消化率,与本试验结果不同,其原因可能是不同动物对不同低聚糖的利用情况不同。

表 9 棉籽低聚糖对水貂血清免疫指标的影响

Table 9 Effects of raffinose on serum immune indices of minks

项目 Items	对照组 Control group	试验 I 组 Test group I	试验 II 组 Test group II	试验 III 组 Test group III	试验 IV 组 Test group IV
总蛋白 TP/(g/L)	80.72 ± 10.07	79.30 ± 4.37	78.17 ± 2.20	84.32 ± 10.86	84.08 ± 6.14
白蛋白 ALB/(g/L)	32.60 ± 3.99	32.77 ± 3.12	35.87 ± 3.50	34.40 ± 2.30	35.02 ± 0.97
球蛋白 GLB/(g/L)	48.12 ± 9.75	46.53 ± 6.37	42.30 ± 3.86	49.92 ± 11.62	49.06 ± 5.98
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	0.023 ± 0.008 ^{Aa}	0.043 ± 0.013 ^{Bb}	0.040 ± 0.006 ^{Bb}	0.032 ± 0.009 ^{ABab}	0.024 ± 0.009 ^{Aa}
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	2.70 ± 1.06 ^a	2.12 ± 1.03 ^{ab}	1.89 ± 0.88 ^{ab}	1.31 ± 0.66 ^b	2.29 ± 0.94 ^{ab}
免疫球蛋白 M IgM/(g/L)	0.59 ± 0.13	0.57 ± 0.16	0.56 ± 0.36	0.54 ± 0.18	0.52 ± 0.21
补体 3 C3/(mg/mL)	0.015 ± 0.001	0.010 ± 0.006	0.010 ± 0.006	0.012 ± 0.007	0.010 ± 0.007
补体 4 C4/(mg/mL)	0.068 ± 0.022	0.058 ± 0.019	0.077 ± 0.022	0.073 ± 0.022	0.078 ± 0.027
总三碘甲状腺原氨酸 TT3/(nmol/L)	0.85 ± 0.28	0.94 ± 0.09	0.91 ± 0.15	0.94 ± 0.12	0.97 ± 0.09
总甲状腺素 TT4/(nmol/L)	17.84 ± 2.82	20.77 ± 2.23	19.66 ± 2.54	18.07 ± 2.87	21.10 ± 2.78

3.3 棉籽低聚糖对水貂器官指数的影响

肝脏是体内的造血器官,也是体内最大的代谢器官之一,其还有一定的免疫功能。脾脏是体内的最大的免疫器官,可通过多种机制提高机体免疫力。肾脏的基本功能是生成尿液,借以清除体内代谢产物及某些废物、毒物,重吸收水分和其他有用物质,保证机体内环境的稳定,使新陈代谢得以正常进行。本试验中,饲粮添加棉籽低聚糖对水貂的肝脏、脾脏和肾脏指数均无显著影响,说明添加棉籽低聚糖不影响水貂的脏器发育,无不良反应。张振红^[10]研究表明,给肉鸡饲喂大豆低聚糖显著提高了肉鸡的脾脏指数,与本试验结果不同,其原因可能是因为不同动物对不同低聚糖的反应是不同的。

3.4 棉籽低聚糖对水貂肠道菌群的影响

本试验结果表明,饲粮添加 0.5 g/kg 棉籽低聚糖能显著提高水貂肠道内双歧杆菌的数量,有降低水貂肠道内大肠杆菌数量的趋势。滑静等^[8]研究得出,棉籽糖可显著抑制 23 日龄肉仔鸡盲肠内大肠杆菌的繁殖;罗佳捷等^[11]研究显示,大豆低聚糖显著降低樱桃谷鸭盲肠内大肠杆菌的数量,提高盲肠内双歧杆菌的数量;许梓荣等^[12]试验表明,寡果糖可显著降低肥育猪结肠内大肠杆菌数

量,显著提高结肠内双歧杆菌数量;周映华等^[13]研究表明,添加甘露寡糖后肉鸡盲肠内双歧杆菌数量显著高于对照组。上述研究结果与本试验结果基本一致。本试验中,随着棉籽低聚糖添加量的增加,肠道内双歧杆菌的数量逐渐降低,说明添加少量的棉籽低聚糖有促进双歧杆菌增殖的效果,添加大量的棉籽低聚糖反而会抑制双歧杆菌的增殖。理论上,由于棉籽低聚糖不能被人和其他单胃动物自身分泌的酶分解,也不被机体吸收,食入的棉籽低聚糖大部分到了肠道内,在一定程度上增加了肠内容物中糖的含量,从而可能提高内容物的渗透压,抑制肠道内微生物的生长,这个结论还有待于进一步试验证实。

3.5 棉籽低聚糖对水貂血清免疫指标的影响

免疫球蛋白是由浆细胞合成分泌的一组具有抗体活性的球蛋白,存在于机体的血液、体液、外分泌液和部分细胞的膜上。免疫球蛋白有着极为重要的生理功能,血清中免疫球蛋白含量的变化反映机体的体液免疫功能状态,IgA、IgG 和 IgM 是水貂体内的 3 种主要免疫球蛋白。C3 是一种由肝脏合成的 β 2-球蛋白,由 α 和 β 2 条多肽链组成。C3 在补体系统各成分中含量最多,是经典途径和旁路途径的关键物质,它也是一种急性时相

反应蛋白。C4 是一种多功能 $\beta 1$ - 球蛋白。在补体经典途径活化中, C4 被补体 1s (C1s) 水解为补体 4a (C4a)、补体 4b (C4b), 它们在补体活化、促进吞噬、防止免疫复合物沉着和中和病毒等方面发挥作用。三碘甲状腺原氨酸 (T3) 和甲状腺素 (T4) 是由甲状腺分泌的甲状腺激素, 在机体内有正常的水平, 二者也存在一定的比例关系, 反映甲状腺的机能状态以及机体营养物质代谢水平。本试验结果显示, 饲料添加棉籽低聚糖能提高水貂血清中 IgA 的含量, 降低血清中 IgG 的含量, 说明添加棉籽低聚糖能影响血清中免疫球蛋白的含量; 在棉籽低聚糖添加量为 0.5 g/kg 时血清中 IgA 的含量提高显著, 而血清中 IgG 的含量降低不显著, 说明适量添加可提高血清中免疫球蛋白的含量, 增强机体免疫能力。棉籽低聚糖的添加对水貂血清中 C3、C4 含量均无显著影响。许梓荣等^[12] 试验结果表明, 寡果糖显著提高了肥育猪血清中 IgA 含量, 对血清中 C3、C4 含量无显著影响, 与本试验的结果一致。本试验中, 所有试验组的 TT3 和 TT4 含量均高于对照组, 但差异不显著。该结果与滑静等^[8] 在肉仔鸡上得出的结果相近。

4 结 论

① 添加适量棉籽低聚糖能改善水貂肠道菌群结构, 增强机体免疫能力, 且对生长性能、营养物质消化吸收、器官指数无不良影响。

② 综合各种指标, 水貂饲料中棉籽低聚糖适宜的添加量为 0.5 g/kg。

参考文献:

[1] 焦洋, 白卫华, 张家红, 等. 棉籽低聚糖[J]. 中国棉

花加工, 2007(1): 34-36.

- [2] HYMOWITZ T, COLLINS F I, PANCZER J, et al. Relationship between the content of oil, protein, and sugar in soybean seed[J]. *Agronomy Journal*, 1972, 64: 613-616.
- [3] 袁美兰, 温辉梁, 黄绍华. 功能性低聚糖——棉籽糖的开发应用现状[J]. *中国食品添加剂*, 2002(4): 54-57.
- [4] 周冬丽, 宋伟光, 郭文峰, 等. 棉籽低聚糖——棉籽糖研究概况[J]. *粮食与油脂*, 2010(12): 39-41.
- [5] 杨海英, 林化成, 杨良, 等. 益生菌和低聚木糖对仔猪的饲养效果[J]. *饲料与畜牧*, 2008(8): 57-58.
- [6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
- [7] 王惠英. 棉籽低聚糖对水貂的饲养效果[J]. *饲料博览*, 2009(1): 26-27.
- [8] 滑静, 何欣, 杨佐君, 等. 棉籽糖对肉仔鸡生化指标、生产性能和肠道主要菌群的影响[J]. *饲料博览*, 2011(5): 7-10.
- [9] 王继成, 潘灵辉, 李淑云, 等. 低聚木糖对断奶仔猪生产性能、肠道菌群及免疫水平影响的研究[J]. *中国畜牧兽医*, 2006(5): 3-7.
- [10] 张振红. 大豆低聚糖对肉鸡生产性能、血液指标及肠道菌群的影响[M]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2006.
- [11] 罗佳捷, 李丽立, 张彬, 等. 大豆低聚糖对樱桃谷鸭肠道微生物群落结构的影响[J]. *广东畜牧兽医科技*, 2010(5): 17-20.
- [12] 许梓荣, 胡彩虹. 寡果糖对肥育猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响[J]. *中国兽医学报*, 2003(1): 69-71.
- [13] 周映华, 张石蕊. 甘露寡糖对肉鸡生产性能和肠道微生物以及免疫机能的影响[J]. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2003(6): 250-253.

Effects of Raffinose on Growth Performance, Nutrient Digestion and Metabolism, Intestinal Microflora and Immune Function of Minks

LIU Baiyang¹ LI Guangyu^{1*} BAO Kun¹ LIU Hanlu¹ LI Danli¹ GU Dong² ZHANG Tao²

(1. Institute of Special Economic Animal and Plant Sciences, CAAS, Jilin 132109, China;

2. Beijing Zhongmian Ziguang Bioscience Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of raffinose on growth performance, nutrient digestion and metabolism, intestinal microflora and immune function of minks. Fifty healthy male minks were randomly divided into 5 groups, and each group had 10 replicates and each replicate had 1 mink. The minks in control group was fed a basal diet, and the minks in test groups I, II, III and IV were fed the experimental diets supplemented with 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 g/kg raffinose, respectively. The experiment lasted for 45 days. The results showed as follows: raffinose supplementation had no significant effects on average daily feed intake (ADFI), average daily gain (ADG) and feed/gain ($P > 0.05$), but there had a trend to improve ADFI and ADG. Raffinose supplementation had no significant effects on indices of nutrient digestion and metabolism, and organ (liver, spleen and kidney) indices ($P > 0.05$). The number of intestinal *Escherichia coli* in the test groups was lower than that in the control group, but the difference was not significant ($P > 0.05$). The number of intestinal *Lactobacillus* was not significantly affected by raffinose supplementation ($P > 0.05$). The supplementation of 0.5 g/kg raffinose improved the number of intestinal *Bifidobacterium bifidum* ($P < 0.05$). No significant differences were found in the contents of total protein, albumin, globulin, complement 3, complement 4, immunoglobulin M, total thyroxine (TT₄) and total triiodothyronine (TT₃) in serum among all groups ($P > 0.05$). Compared with the control group, serum immunoglobulin A content in the group supplemented with 0.5 g/kg raffinose was significantly increased ($P < 0.05$), while serum immunoglobulin A content in the group supplemented with 2.0 g/kg raffinose was significantly decreased ($P < 0.05$). Considering above all indices, the optimal level of raffinose in diets for minks is 0.5 g/kg. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(5):1123-1130]

Key words: mink; raffinose; growth performance; nutrient digestion and metabolism; intestinal microflora; immune function